

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of : THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED
Shogo MATSUBARA et al. : TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE
Serial No. NEW : FEES FOR THIS PAPER TO DEPOSIT
Filed March 31, 2004 : ACCOUNT NO. 23-0975
: **Attn: APPLICATION BRANCH**
: Attorney Docket No. 2004_0513A

FILM BULK ACOUSTIC RESONATOR AND
FILM BULK ACOUSTIC RESONATOR CIRCUIT

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450


Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the date of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 2003-097900, filed April 1, 2003, and as acknowledged in the Declaration of this application.

A certified copy of said Japanese Patent Application is submitted herewith.

Respectfully submitted,

Shogo MATSUBARA et al.

By 
Michael S. Huppert
Registration No. 40,268
Attorney for Applicants

MSH/kjf
Washington, D.C. 20006-1021
Telephone (202) 721-8200
Facsimile (202) 721-8250
March 31, 2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 4 月 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 7 9 0 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 9 7 9 0 0]

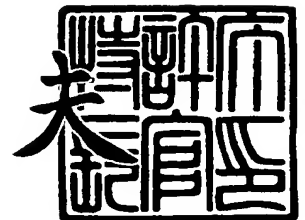
出 願 人 松下電器産業株式会社
Applicant(s):



2 0 0 4 年 1 月 2 7 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 3 2 0 5

【書類名】 特許願

【整理番号】 2913050130

【提出日】 平成15年 4月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 9/17

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡市博多区美野島4丁目1番62号 パナソニック
 コミュニケーションズ株式会社内

 【氏名】 松原 正吾

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡市博多区美野島4丁目1番62号 パナソニック
 コミュニケーションズ株式会社内

 【氏名】 堀尾 英明

【発明者】

 【住所又は居所】 福岡市博多区美野島4丁目1番62号 パナソニック
 コミュニケーションズ株式会社内

 【氏名】 水山 洋右

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100097445

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岩橋 文雄

【選任した代理人】

 【識別番号】 100103355

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 坂口 智康

【選任した代理人】

【識別番号】 100109667

【弁理士】

【氏名又は名称】 内藤 浩樹

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011305

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9809938

【書類名】 明細書

【発明の名称】 薄膜音響共振子、及び、薄膜音響共振子回路

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 強誘電体膜を含む圧電素子と、前記圧電素子の第 1 面に設けられた第 1 の電極と、前記第 1 面に設けられ、前記第 1 の電極と電氣的に絶縁され、前記第 1 の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第 2 の電極と、前記圧電素子の前記第 1 面と反対側の第 2 面に設けられ、前記圧電素子を挟んで前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極と対向するように設けられた第 3 の電極と、前記第 1 の電極に電力を供給する第 1 の配線と、前記第 2 の電極に電力を供給する第 2 の配線と、を備えた薄膜音響共振子であって、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 1 の領域は第 1 の分極状態を有し、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 2 の領域は前記第 1 の分極状態とは異なる第 2 の分極状態を有していることを特徴とする薄膜音響共振子。

【請求項 2】 前記第 1 の分極状態における自発分極の大きさが、前記第 2 の分極状態における自発分極の大きさよりも大きいことを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 3】 前記第 1 の分極状態における自発分極の方向が、前記第 2 の分極状態における自発分極の方向とが異なることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 4】 前記第 1 の分極状態における自発分極の方向が、前記第 2 の分極状態における自発分極の方向とが反転していることを特徴とする請求項 3 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 5】 第 1 の配線及び第 2 の配線と圧電素子との間に、非圧電性絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 6】 非圧電性絶縁層が少なくとも酸化ケイ素、窒化珪素、ポリイミド樹脂、ポリマーを主成分とすることを特徴とする請求項 4 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 7】 前記強誘電体膜が (001) 方位に優先配向した PZT 薄膜を含む

むことを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 8】前記圧電素子が温度補償層を含み、前記温度補償層が、チタン酸ストロンチウム、若しくは、チタン酸ストロンチウムとチタン酸バリウムの固溶体を主成分とすることを特徴とする請求項 6 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 9】前記第 1 の領域が共振子としての機能を備え、前記第 2 の領域がスプリアス抑制阻止としての機能を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 10】強誘電体膜を含む圧電素子と、前記圧電素子の第 1 面に設けられた第 1 の電極と、前記第 1 面に設けられ、前記第 1 の電極と電気的に絶縁され、前記第 1 の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第 2 の電極と、前記圧電素子の前記第 1 面と反対側の第 2 面に設けられ、前記圧電素子を挟んで前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極と対向するように設けられた第 3 の電極と、前記第 1 の電極に電力を供給する第 1 の配線と、前記第 2 の電極に電力を供給する第 2 の配線と、を備えた積層体と、前記積層体を載置する基板とを備えた前記積層体薄膜音響共振子であって、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 1 の領域は第 1 の分極状態を有し、前記第 2 の電極と前記第 3 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 2 の領域は第 2 の分極状態を有していることを特徴とする薄膜音響共振子。

【請求項 11】前記基板と、前記基板とが、接着材により接合されていることを特徴とする請求項 9 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 12】前記第 1 の領域と第 2 の領域の少なくとも一部と、前記基板との間にはエアギャップが形成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 13】前記第 1 の領域と第 2 の領域の少なくとも一部と、前記基板との間には前記第 1 の領域における共振波長の 4 分の 1 の厚さを有する反射層が形成されていることを特徴とする請求項 9 に記載の薄膜音響共振子。

【請求項 14】強誘電体膜と、前記強誘電体膜の第 1 面に設けられた第 1 の電極と、前記第 1 面に設けられ、前記第 1 の電極と電気的に絶縁され、前記第 1 の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第 2 の電極と、前記圧電素

子の前記第 1 面と反対側の第 2 面に設けられ、前記強誘電体膜を挟んで前記第 1 の電極と対向するように設けられた第 3 の電極と、前記圧電素子の前記第 1 面と反対側の第 2 面に設けられ、前記強誘電体膜を挟んで前記第 2 の電極と対向するように設けられた第 4 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極との間に電位差を発生させるように前記第 1 の電極若しくは前記第 3 の電極のいずれかに接続された第 1 の配線と、前記第 2 の電極と前記第 4 の電極との間に電位差を発生させるように前記第 2 の電極若しくは前記第 4 の電極のいずれかに接続された第 2 の配線と、を備えた薄膜音響共振子であって、前記第 1 の電極と前記第 3 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 1 の領域は第 1 の分極状態を有し、前記第 2 の電極と前記第 4 の電極とに挟まれた前記強誘電体膜の第 2 の領域は第 2 の分極状態を有していることを特徴とする薄膜音響共振子。

【請求項 15】 共通電極と、該共通電極上に形成される圧電層と、該圧電層上に形成される、共振子用の第 1 電極と、該第 1 電極の周縁を間隙をあけて囲む、スプリアス抑制素子用の第 2 電極と、前記第 1 電極に電力を供給する第 1 配線と、前記第 2 電極に電力を供給する第 2 配線と、からなる積層体が基板上に配置した薄膜音響共振子であって、前記圧電層が強誘電体膜を含み、前記共振子部分と前記スプリアス抑制素子部分とで強誘電体膜の分極状態を互いに異にしたことを特徴とする薄膜音響共振子。

【請求項 16】 請求項 1 乃至 15 に記載の薄膜音響共振子と、第 1 の配線を介して信号を出力する通信信号発生手段と、第 2 の配線を信号を出力するスプリアス抑制信号発生手段と、を備えた薄膜音響共振子回路。

【請求項 17】 請求項 1 乃至 16 に記載の薄膜音響共振子あるいは薄膜音響共振子回路を用いた送受信器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、無線高周波回路に用いられる電子部品である薄膜音響共振子、及び、薄膜音響共振子回路に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年次第に普及しつつある移動電話の1つのタイプに、符号分割多重アクセス (Code Division Multiple Access; 以下、CDMA という) を利用する PCS (以下、CDMA PCS という) がある。CDMA PCS 装置は、約 1900 MHz の周波数帯域で動作し、送受切換器の性能に対して特に厳格な要件を課している。送信信号及び受信信号に割り当てられたスペクトル部分間の保護帯域は、搬送波周波数の約 1%、20 MHz にすぎない。送信信号及び受信信号に割り当てられたスペクトル部分の帯域幅は、搬送波周波数の約 3%、すなわち、60 MHz である。これは、送信用及び受信用の帯域フィルタが、それぞれ、極めて鋭いロール・オフを備える必要があることを表している。更に、1ワットを超える電力レベルによって送受切換器の信頼性又はフィルタ特性の長期安定性が損なわれることのない CDMA PCS 装置等の用途における利用を可能にするのに十分に急峻なフィルタ特性を備える送受切換器を提供する必要がある。

【0003】

これに対して、セラミック・フィルタ又は SAW フィルタをベースにした送受切換器よりかなり小型であって、製造コストを低く保つことができる薄膜音響共振器を用いた送受切換器を提供しているものもある (例えば特許文献1参照)。

【0004】

薄膜共振子 (FBAR) とは、電気信号に反応し、例えば、0.5～5 GHz 範囲のマイクロ波に対して高周波で共振可能な薄膜音響デバイスである。従来の薄膜共振子は、第1電極と第2電極の間に圧電膜を備えており、それら電極が圧電膜に電界を印加する。圧電膜は、酸化亜鉛、アルミニウム窒化物 (AlN) 等の圧電性結晶材料、又は圧電効果のある他の圧電性結晶材料で形成されている。圧電効果は、例えば第1電極と第2電極によって圧電材料全般に電界が印加され、それに反応して圧電材料が伸縮する時や、機械的応力や張力を圧電材料に加えることにより電荷や電流が生成される時に起こる。膜厚が均一である圧電膜の機械的共振周波数は、膜厚 (t) の2倍で音響速度 (v) を除することにより求められる。即ち、 $f_r = v / 2t$ となる。高周波ソースの周波数と圧電膜の機械的

共振周波数は整合するため、高周波ソースを用いて可変周波数の交流電界を圧電膜に印加すると、圧電膜の機械的振動は著しく大きくなる。機械的振動が大きい
ため、それによって圧電材料はこの共振周波数における最大電流量を生成する。
圧電膜は、周波数の大きさによって生成する電流量が異なるので、電気フィルタ
、発振器、周波数制御回路の素子として有用である。

【0005】

例えば 2 GHz といった通常の高周波周波数で共振するには、アルミニウム窒化物の膜厚は 2.5 ミクロンで、電極は、50 オーム回路に最適に適合する 300 ミクロンほどである。従って、材料の横幅に対する厚みの比率は小さく、音エネルギーが横方向に効果的に制限されない。異なったタイプの音響波（モードが異なる音響波）と共振子の縁部との間に有害な相互作用が生じ、共振子の縁部での大きなフィールドが共振子内で不要な振動を作り出し、スプリアス信号を発生する場合もある。これらの現象によって、所望の振動からエネルギーが失われ、共振子の質が低下する原因となる。

【0006】

これに対して、共振子の中央部分を厚く構成することによって、共振子の中央部分での共振モードを大きくし、エネルギーの一部が共振子の縁部で不要な振動に変換されるのを軽減する方法が提案されている（例えば特許文献 2 参照）。

【0007】

しかしながら、共振子の圧電薄膜部分の厚みを面内で精度良く制御することは極めて困難である。従来の技術ではフォトリソ技術でドーム形状の AlN 膜を形成する方法を提案しているが、同方法によれば膜厚は連続的に変化するために、挿入損失が大きくなってしまいうとともに、狭帯域で、共振周波数がばらつく問題があった。

【0008】

また、スプリアス信号を抑制するために、圧電基板の両表面に互いに対向する励振用の第 1 電極と該主電極の周辺の間隙を囲む一対の第 2 電極を配置した圧電振動子において、前記第 1 電極と前記第 2 電極との材質を互いに異にした 150 MHz 帯用の高周波圧電振動子が提案されている（例えば特許文献 3 参照）。

【0009】

図9は従来のスプリアス抑制型圧電振動子の構成を示す図であり、同図(a)は平面図、同図(b)はS-Sにおける断面図である。一方の面を凹陷部に形成した水晶で構成された基板4の平坦側に第1電極(励振電極)7を配置するとともに、該電極7から基板1端部に向けてリード電極9延在する。さらに、第1電極7の周縁を間隙11をあけて取り囲むように第2電極8を設けるとともに、該電極8の大きさは基板4に形成した凹陷部91とほぼ同じ大きさとする。そして、凹陷部側には共通電極(励振電極)5を形成する。このとき、第1電極7、間隙11、第2電極8のそれぞれのカットオフ周波数は f_1 、 f_2 、 f_3 であり、大小関係が $f_1 < f_3 < f_2$ となるように電極膜厚をそれぞれ設定することによって、スプリアスの発生が少ないATカット高周波水晶振動子が提供できるとしている。

【0010】

特許文献3で開示された技術の特徴は第1電極(励振電極)82と第2電極86との電極材質を互いに異にしたことである。更に詳しくは、第2電極86の電極密度を第1電極82の電極密度より小さなものを用いて形成したことである。例えば、150MHz帯の高周波水晶振動子においてスプリアスを効果的に抑制するためには、ともに金電極材料を用いる場合、第2電極の膜厚を第1電極の膜厚よりも数nmレベルで小さくする必要があり、更にこの膜厚差を実現するには膜厚差の10%程度の成膜精度が必要となる。この成膜精度は通常の蒸着装置あるいはスパッタ装置の制御限界を超えているが、第1電極よりも密度の小さな材料を第2電極に用いることにより、膜厚制御が容易にできる。

【0011】

上記の手段は2GHz帯以上用の薄膜音響共振子においても適用することは可能であるが、150MHz帯用共振子に比べて電極の質量負荷(音響インピーダンス)の影響が著しく大きいために、電極の材質と膜厚で薄膜音響共振子の特性を制御することは困難であり、量産時の特性のばらつきを大きくしてしまう問題があった。また、薄膜形成で種類の異なる電極を形成するためには、その分、成膜工程とフォトリソグラフ加工工程が増えることになり、製造コストの上昇を招

くという問題があった。

【0012】

【特許文献1】

特開 2001-24476 号公報

【特許文献2】

特開 2002-43879 号公報

【特許文献3】

特開 2001-24477 号公報

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来の技術では、量産時の特性ばらつきや、加工工程の複雑化、挿入損失の増大等の課題がそれぞれの技術に存在していた。

【0014】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、挿入損失が小さく、反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有し、量産時の特性ばらつきが小さく、低廉な製造コストの薄膜音響共振子、及び、薄膜音響共振子回路を提供することにある。

【0015】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために本発明に係る薄膜音響共振子の請求項1記載の発明は、強誘電体膜を含む圧電素子と、圧電素子の第1面に設けられた第1の電極と、第1面に設けられ、第1の電極と電氣的に絶縁され、第1の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第2の電極と、圧電素子の第1面と反対側の第2面に設けられ、圧電素子を挟んで第1の電極及び第2の電極と対向するように設けられた第3の電極と、第1の電極に電力を供給する第1の配線と、第2の電極に電力を供給する第2の配線と、を備えた薄膜音響共振子であって、第1の電極と第3の電極とに挟まれた強誘電体膜の第1の領域は第1の分極状態を有し、第2の電極と第3の電極とに挟まれた強誘電体膜の第2の領域は第1の分極状態とは異なる第2の分極状態を有していることを特徴とする薄膜音響共振子であ

る。強誘電体膜の音響インピーダンスは、その分極の方向と度合いに大きく依存するために、強誘電体膜の自発分極状態を制御することにより、第1の領域と第2の領域の圧電素子の音響インピーダンスを、従来の技術に比べて容易に制御することができる。このため、反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を低コストで再現性良く提供することができる。

【0016】

請求項2記載の発明は、請求項1記載の薄膜音響共振子において、第1の分極状態における自発分極の大きさが、第2の分極状態における自発分極の大きさよりも大きいので、第1の領域における音響インピーダンスが第2の領域のそれよりも小さくなり、電氣的な処理によって $f_1 < f_3 < f_2$ に容易に調整することができる。

【0017】

請求項3記載の発明は、薄膜音響共振子において、第1の分極状態における自発分極の方向が、第2の分極状態における自発分極の方向とが異なるので、更に容易に $f_1 < f_3 < f_2$ に調整することができる。

【0018】

請求項5記載の発明は、薄膜音響共振子において、第1の配線及び第2の配線と圧電素子との間に、非圧電性絶縁膜が形成されているので、反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を提供することができる。

【0019】

請求項5記載の発明は、薄膜音響共振子において、非圧電体絶縁層が、少なくとも酸化ケイ素、窒化珪素、ポリイミド樹脂、ポリマーを主成分とする、音響インピーダンスが小さい材料から構成されるために、第1配線部分もしくは第2配線部分の圧電層が励振することを抑制することができる。更に反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を提供することができる。

【0020】

請求項7記載の発明は、薄膜音響共振子において、強誘電体薄膜層が(001)方位に優先配向したPZT薄膜であり、PZT薄膜の分極軸方向が電極が対向する方向と一致しているので、電気-機械変換効率が高いとともに、音響波進行

方向に結晶性が均一であるために、挿入損失が極めて少ない薄膜音響共振子を提供することができる。

【0021】

請求項 8 記載の発明は、薄膜音響共振子において、圧電素子が温度補償層を含み、該補償層がチタン酸ストロンチウム、もしくはチタン酸ストロンチウムとチタン酸バリウムの固溶体からなるために、温度補償層の誘電率の温度係数と音速の温度係数の極性が P Z T と異なるので、誘電率及び音速の温度係数が極めて小さい薄膜音響共振子を提供することができる。

【0022】

請求項 9 に記載の発明は、第 1 の領域が共振子としての機能を備え、第 2 の領域がスプリアス抑制阻止としての機能を備えているので、より効率的にスプリアスの抑制が可能な薄膜音響共振子を提供することができる。

【0023】

請求項 10 に記載の発明は、強誘電体膜を含む圧電素子と、圧電素子の第 1 面に設けられた第 1 の電極と、第 1 面に設けられ、第 1 の電極と電氣的に絶縁され、第 1 の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第 2 の電極と、圧電素子の第 1 面と反対側の第 2 面に設けられ、圧電素子を挟んで第 1 の電極及び第 2 の電極と対向するように設けられた第 3 の電極と、第 1 の電極に電力を供給する第 1 の配線と、第 2 の電極に電力を供給する第 2 の配線と、を備えた積層体と、積層体を載置する基板とを備えた積層体薄膜音響共振子であって、第 1 の電極と第 3 の電極とに挟まれた強誘電体膜の第 1 の領域は第 1 の分極状態を有し、第 2 の電極と第 3 の電極とに挟まれた強誘電体膜の第 2 の領域は第 2 の分極状態を有していることにより、積層体と基板とを別々に製造できるので、製造工程を簡略化することができる。

【0024】

請求項 11 記載の発明は、薄膜音響共振子において、基板と、基板とが、接着材により接合されているために、積層体から基板への漏洩波をより防ぐことができ、更に反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を提供することができる。また、積層体がある基板上に形成した後、接着剤を介して別の

基板へ転写することができる。このために任意の基板を用いることができ、工程が簡略になるとともに、基板のコストを下げることができる。

【0025】

請求項12記載の発明は、薄膜音響共振子において、第1の領域と第2の領域の少なくとも一部と、基板との間にはエアギャップが形成されているため、積層体から基板への漏洩波をより防ぐことができ、更に反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を提供することができる。

【0026】

請求項13記載の発明は、薄膜音響共振子において、第1の領域と第2の領域の少なくとも一部と、基板との間には第1の領域における共振波長の4分の1の厚さをおおよそ有する反射層が形成されているため、積層体から基板への漏洩波をより防ぐことができ、更に反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を提供することができる。

【0027】

請求項14に記載の発明は、強誘電体膜と、強誘電体膜の第1面に設けられた第1の電極と、第1面に設けられ、第1の電極と電氣的に絶縁され、第1の電極を周縁の少なくとも一部に沿うように設けられた第2の電極と、圧電素子の第1面と反対側の第2面に設けられ、強誘電体膜を挟んで第1の電極と対向するように設けられた第3の電極と、圧電素子の第1面と反対側の第2面に設けられ、強誘電体膜を挟んで第2の電極と対向するように設けられた第4の電極と、第1の電極と第3の電極との間に電位差を発生させるように第1の電極若しくは第3の電極のいずれかに接続された第1の配線と、第2の電極と第4の電極との間に電位差を発生させるように第2の電極若しくは第4の電極のいずれかに接続された第2の配線と、を備えた薄膜音響共振子であって、第1の電極と第3の電極とに挟まれた強誘電体膜の第1の領域は第1の分極状態を有し、第2の電極と第4の電極とに挟まれた強誘電体膜の第2の領域は第2の分極状態を有していることにより、第1の電極と第3の電極を対とし、第2の電極と第4の電極とを対にして、第1の領域の強誘電体膜と第2の領域の強誘電体膜に対して、より正確な電圧の印加ができるようになるので、スプリアス抑制をよりの確に行えるようになる

【0028】

請求項15に記載の発明は、共通電極と、該共通電極上に形成される圧電層と、該圧電層上に形成される、共振子用の第1電極と、該第1電極の周縁を間隙をあけて囲む、スプリアス抑制素子用の第2電極と、第1電極に電力を供給する第1配線と、第2電極に電力を供給する第2配線と、からなる積層体が基板上に配置した薄膜音響共振子であって、圧電層が強誘電体膜を含み、共振子部分とスプリアス抑制素子部分とで強誘電体膜の分極状態を互いに異にしたことにより、強誘電体膜の自発分極状態を制御できるので、第1の領域と第2の領域の圧電素子の音響インピーダンスを、従来の技術に比べて容易に制御することができる。このため、反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子を低コストで再現性良く提供することができる。また、積層体がある基板上に形成した後、接着剤を介して別の基板へ転写することができる。このために任意の基板を用いることができ、工程が簡略になるとともに、基板のコストを下げることもできる。

【0029】

請求項16に記載の発明は、請求項1～15に記載の薄膜音響共振子と、第1の配線を介して信号を出力する通信信号発生手段と、第2の配線を信号を出力するスプリアス抑制信号発生手段と、を備えた薄膜音響共振子回路である。これによりスプリアス抑制素子部分を共振子部分とを個別に励振させ、共振子からの漏洩波をキャンセルすることでスプリアス信号の発生を抑制するように、スプリアス抑制信号手段によってスプリアス抑制信号の電圧や位相、周波数を制御できるので、反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有する薄膜音響共振子回路を提供することができる。

【0030】

請求項17に記載の発明は、請求項1乃至11に記載の薄膜音響共振子あるいは薄膜音響共振子回路を用いた送受信器であり、フィルタはもとより、CDMA PCS装置等の用途における利用を可能にするのに十分に急峻なフィルタ特性を備える送受切換器を提供することができる。

【0031】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。同一の構成要素には、複数の図面にわたって同一の参照符号が付されている。

【0032】

図1は本発明の一実施の形態における共振子を示す図であって、同図(a)は平面図、同図(b)はQ-Q'における断面図、同図(c)はR-R'における断面図である。本発明の一実施の形態の薄膜音響共振子1は共振子2とその周囲に間隙11を介して配置されるスプリアス抑制素子3とからなり、基板4上に形成される。共振子2は共通電極5と、圧電層6と第1電極7と、が順次積層された構造であり、スプリアス抑制素子3は共通電極5と、圧電層6と第2電極8と、が順次積層された構造である。共振子2に電力を供給するために、第1配線9が第1電極7に接続され、スプリアス抑制素子3に電力を供給するために、第2配線10が第2電極8に接続されている。このとき、第1電極7、間隙11、第2電極8のそれぞれのカットオフ周波数は f_1 、 f_2 、 f_3 であり、大小関係が $f_1 < f_3 < f_2$ となるように圧電層6の音響インピーダンスを、共振子1部分とスプリアス抑制素子部分とでそれぞれ設定することによって、スプリアスの発生が少ない薄膜音響共振子を提供することができる。

【0033】

圧電層6は強誘電体膜12を含む。強誘電体膜として代表的な PbTiO_3 - PbZrO_3 固溶体(以下、PZTと称す)膜を用いることができる。更に望ましいのは(001)方位に配向したPZT膜である。

【0034】

また、強誘電体膜12としてPZT膜を用いる場合、圧電層6は温度補償層13を含んでもよい。温度補償層13としては、チタン酸ストロンチウム、もしくはチタン酸ストロンチウムとチタン酸バリウムの固溶体を用いられ、PZT膜と積層して用いられる。温度補償層13は圧電層6の誘電率やヤング率の温度特性を小さくする機能を有する。

【0035】

同図において、共通電極 5 と圧電層 6 は、共振子 2 とスプリアス抑制素子 3 において共通に用いられているが、それぞれの素子用に分割して個別化しても良いし、溝などを形成して半個別化しても良い。分割個別化はフォトリソグラフィ技術と薄膜加工技術によって容易に行なうことができる。すなわち、共通電極 5 を電氣的に絶縁した状態で分割して設け、それぞれの分割された電極が、第 1 の電極 7 と第 2 の電極 8 にそれぞれ対向するように設けても良い。また共通電極 5 の分割形状に合わせる形で圧電層 6 を分割して設けてよい。

【0036】

第 1 電極 7 と、第 2 電極 8 と、第 1 配線 9 と第 2 配線 10 は同じ導電膜を用いているが、場合によっては導電膜がそれぞれ異なっても良い。例えば第 1 電極 7 と第 2 電極 8 は共振子 2 とスプリアス抑制素子 3 の振動特性に大きな影響を与えるので、その音響インピーダンスを考慮必要があるが、第 1 配線 9 と第 2 配線 10 には配線抵抗が小さいことや、ワイヤーボンディングや異方性導電性フィルム接合などへの適性が要求されるなど、求められる性能が異なる場合が多いので、要求性能に合わせて導電膜材料を選択すればよい。

【0037】

本発明の特徴は圧電層 6 に強誘電体膜 12 を含むことである。更に詳しくは、共振子 2 部分とスプリアス抑制素子 3 部分の強誘電体膜の自発分極状態を互いに異にしたことである。例えば、未分極の強誘電体薄膜に交流電圧を印加して分極処理すると、印加する電圧に依存して、分極－電圧特性は図 2 のようになる。(a) は印加する最大電圧 V_1 が抗電圧 V_c よりも小さい場合、(b) は最大電圧 V_2 が V_c よりも大きい場合、(c) は最大電圧 V_3 が V_2 よりも大きい場合である。強誘電体膜の特徴として、未分極の場合の分極－電圧曲線は、ヒステリシスの無い直線を示すが、抗電圧よりも大きい電圧を印加すると分極－電圧曲線はヒステリシスを示すようになり、電圧をゼロに戻しても自発分極量 P_2 、 $-P_2$ を持つようになる。更に電圧を高くするとより大きな自発分極量 P_3 、 $-P_3$ が得られるが、ある飽和値が存在し、それ以上自発分極は大きくなる。この分極処理によって、強誘電体薄膜の分極ベクトルが電圧印加方向に最大となるよう配向する。さらに印加電圧が大きくなると、個々の結晶粒の分極軸が電圧印加方

向に一致するように結晶粒の回転が起こる。通常、強誘電体薄膜の音響インピーダンスは結晶異方性が大きく、分極軸方向のヤング率が小さい。従って分極軸方向の音響インピーダンスが小さい特徴がある。即ち、共振子 2 部分とスプリアス抑制素子 3 部分の強誘電体膜の自発分極状態を互いに異にすることによって音響インピーダンスを制御することができる。本発明によれば、印加電圧の大きさと時間で音響インピーダンスを制御でき、圧電膜や電極膜の膜厚を制御するよりもはるかに簡単で、再現性が良い。

【0038】

自発分極状態は図 3 に示した P 1 や P 2 などの自発分極量で表される。共振子 2 部分の強誘電体膜の自発分極量を P_{s1} 、スプリアス抑制素子 2 部分の強誘電体膜の自発分極量を P_{s2} とすると、 $P_{s1} > P_{s2}$ と制御することによって $f_1 > f_3 > f_2$ に調整することができる。

【0039】

また、強誘電体膜の自発分極の極性を、共振子 2 部分とスプリアス抑制素子 3 部分とで互いに反転することにより、共振子 2 とスプリアス抑制素子 3 の音響インピーダンスの差をより大きくすることができる。その物理的な理由は明らかではないが、強誘電体膜が膜厚方向に圧縮応力もしくは引張応力のいずれか一方を有しており、内部応力に異方性があることが関与していると考えられる。一般に、膜はその成膜条件や基板との物性的なミスマッチから生じる異方性の内部応力をもっており、内部応力をゼロにすることはほとんど不可能である。

【0040】

図 3 は強誘電体膜の分極状態を示す図であり、自発分極の方向と大きさがベクトルで表されている。図 3 (a) は共振子部とスプリアス抑制素子部の強誘電体膜の自発分極が互いに同じ方向に揃い、大きさが異なる場合を示す。図 3 (b) は共振子部とスプリアス抑制素子部の強誘電体膜の自発分極が互いに反転した方向に揃い、大きさが等しい場合を示す。

【0041】

図 4 は本発明に係る一実施の形態を示す図である。図 1 と異なるのは第 1 配線 9 もしくは第 2 配線 10 と圧電層 6 の間に非圧電体絶縁膜 41 が形成されている

ことである。圧電層 6 は圧電効果で素子を励振する機能とともに、第 1 配線 9 及び第 2 配線 10 と、共通電極 5 とを絶縁分離する機能も有する。しかし、図 1 の構造では第 1 配線 9 部分もしくは第 2 配線 10 部分の圧電層も励振させてしまうために、余分なモードの振動が発生し、スプリアスが発生してしまう。そこで、第 1 配線 9 もしくは第 2 配線 10 と圧電層 6 の間に非圧電体絶縁膜 41 が形成することによって配線部の圧電層の励振を防止することができる。

【0042】

非圧電体絶縁膜 41 に求められる特性は誘電率が小さいこと、及び、音響インピーダンスが小さいことである。非圧電体絶縁膜 41 の誘電率が圧電層 6 よりも小さいほど、圧電層 6 に印加される電圧が小さくなるし、非圧電体絶縁膜 41 の膜厚も小さくてよい。また、非圧電体絶縁膜 41 の音響インピーダンスが小さいほど漏洩波が小さくなるメリットがある。非圧電体絶縁膜 41 としては、例えば、酸化ケイ素、窒化珪素、ポリイミド樹脂、ポリマーなどがよい。これらの材料の誘電率は 3 ~ 10 であり、PZT 強誘電体膜の誘電率は 400 ~ 2000 である。従って、PZT 膜上に、酸化ケイ素、窒化珪素、ポリイミド樹脂、ポリマーなどを積層することにより、PZT 膜の配線部分の PZT 膜に印加される電圧を 1/10 以下にすることは極めて容易である。

【0043】

図 5 は本発明に係る一実施の形態を示す図である。図 4 と異なるのは、接着剤 51 が、基板とその上に形成された積層体の間に構成されることである。接着剤 51 は音響インピーダンスが小さいので、共振子 2 から励振された振動が基板へ漏洩することを防ぐ効果がある。

【0044】

図 6 は本発明に係る一実施の形態を示す図である。図 5 と異なるのは、基板 4 の一部が凹部加工されており、第 1 電極 7 及び第 2 電極 8 の領域にエアギャップ 61 が形成されていることである。エアギャップ 61 は共振子 2 から励振された振動が基板へ漏洩することを防ぐ効果がある。

【0045】

図 7 は本発明に係る一実施の形態を示す図である。図 5 と異なるのは、基板と

共通電極の間に共振波長の4分の1の厚さを有する少なくとも1層からなる反射層71が形成されていることである。反射層71は共振子2から励振された振動が基板へ漏洩することを防ぐ効果がある。

【0046】

図8は本発明に係る一実施の形態を示す図である。薄膜音響共振子回路81は薄膜共振子1と、通信信号発生手段82と、スプリアス抑制信号発生手段83と、から構成される。通信信号発生手段82の出力の一端は共通電極5へ接続され、もう一端は第1配線9へ接続される。また、スプリアス抑制信号発生手段82の出力の一端は共通電極5へ接続され、もう一端は第2配線10へ接続される。共振子2が発生するスプリアス信号をキャンセルするような信号を、スプリアス抑制信号発生手段83から出力して、スプリアス抑制素子を励振する。

【0047】

【発明の効果】

以上のように、本発明に係るひとつの薄膜音響共振子によれば、圧電層に強誘電体膜を含み、第1の領域と第2の領域とで強誘電体膜の分極状態を互いに異にすることによって、第1の領域と第2の領域の音響インピーダンスを容易に制御することができるので、性能の向上と低コスト化を達成できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a) 本発明の一実施の形態における共振子を示す平面図

(b) (a)のQ-Q'における断面図

(c) (a)のR-R'における断面図

【図2】

(a) 最大印加電圧V1が抗電圧よりも小さい場合の強誘電体膜の分極－電圧特性を示す図

(b) 最大印加電圧V2が抗電圧よりも大きい場合の強誘電体膜の分極－電圧特性を示す図

(c) 最大印加電圧V3がV2よりも大きい場合の強誘電体膜の分極－電圧特性を示す図

【図 3】

強誘電体膜の分極状態を示す図

【図 4】

本発明に係る一実施の形態を示す図

【図 5】

本発明に係る一実施の形態を示す図

【図 6】

本発明に係る一実施の形態を示す図

【図 7】

本発明に係る一実施の形態を示す図

【図 8】

本発明に係る一実施の形態を示す図

【図 9】

(a) 従来のスプリアス抑制型圧電振動子の構成を示す平面図

(b) 従来のスプリアス抑制型圧電振動子の構成を示す S-S 断面図

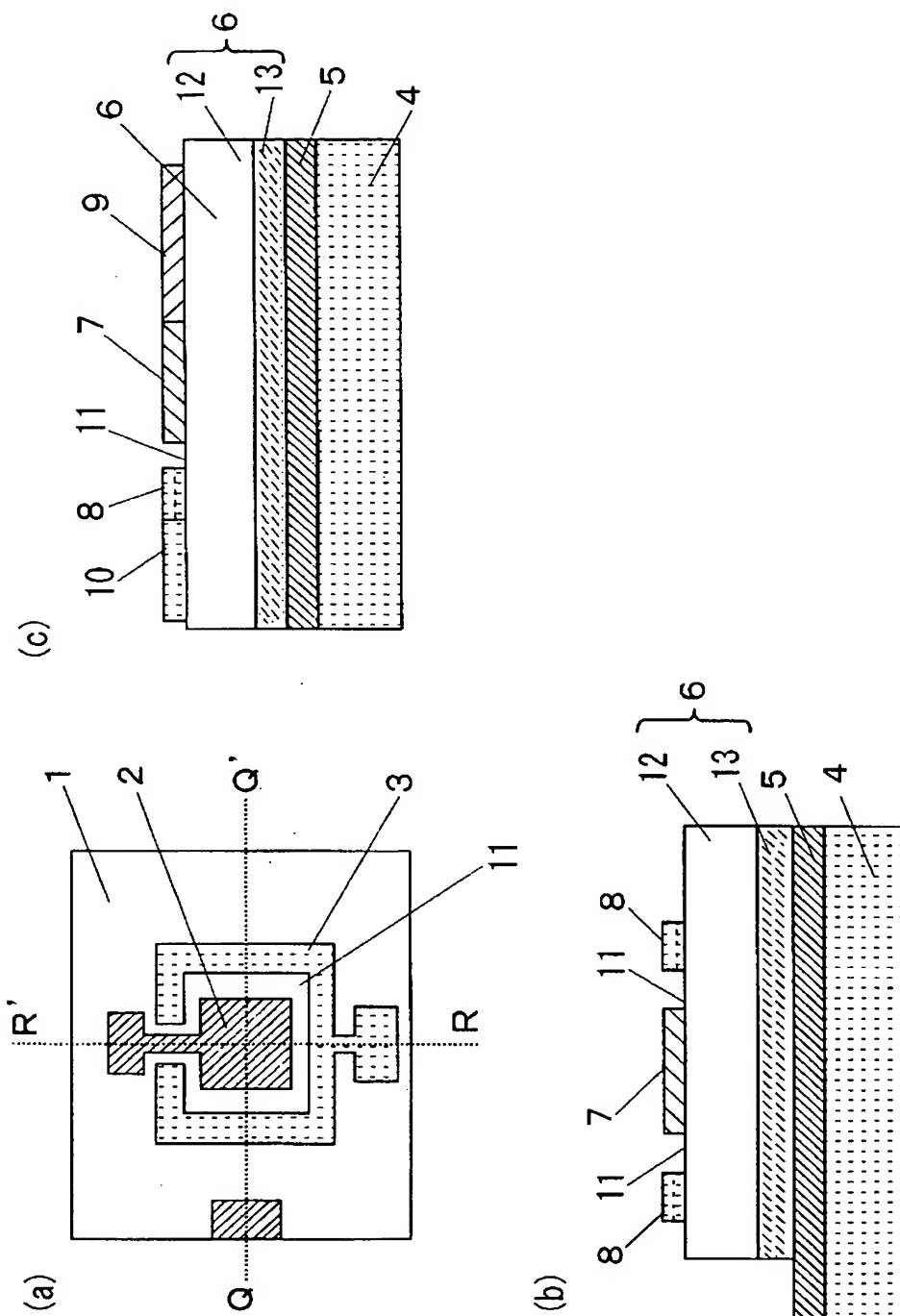
【符号の説明】

- 1 薄膜音響共振子
- 2 共振子
- 3 スプリアス抑制素子
- 4 基板
- 5 共通電極
- 6 圧電層
- 7 第 1 電極
- 8 第 2 電極
- 9 第 1 配線
- 10 第 2 配線
- 11 隙間
- 12 強誘電体膜
- 13 温度補償層

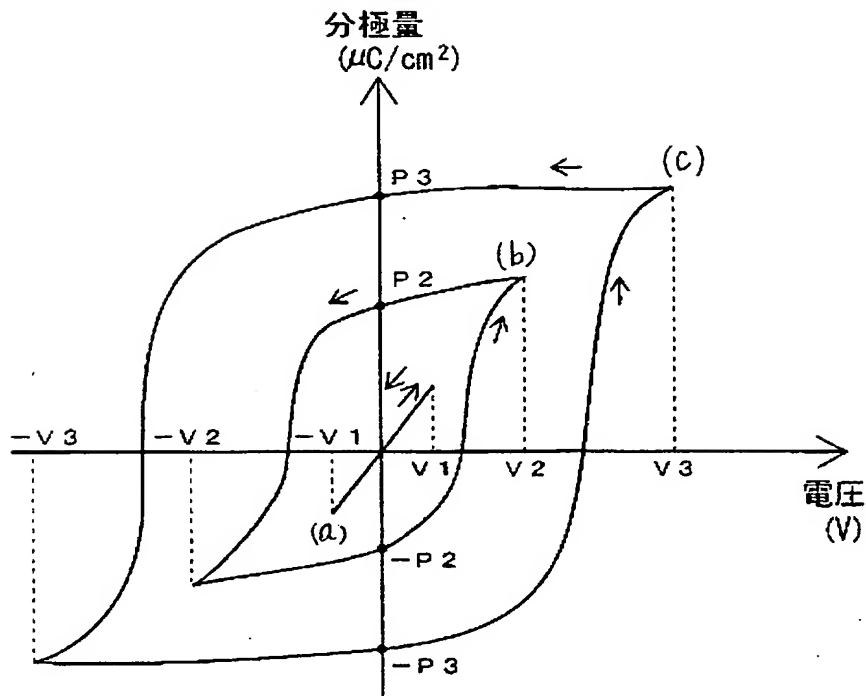
- 4 1 非圧電体絶縁膜
- 5 1 接着剤
- 6 1 エアギャップ
- 7 1 反射層
- 8 1 薄膜音響共振子回路
- 8 2 通信信号発生手段
- 8 3 スプリアス抑制信号発生手段
- 9 1 凹陥部

【書類名】 図面

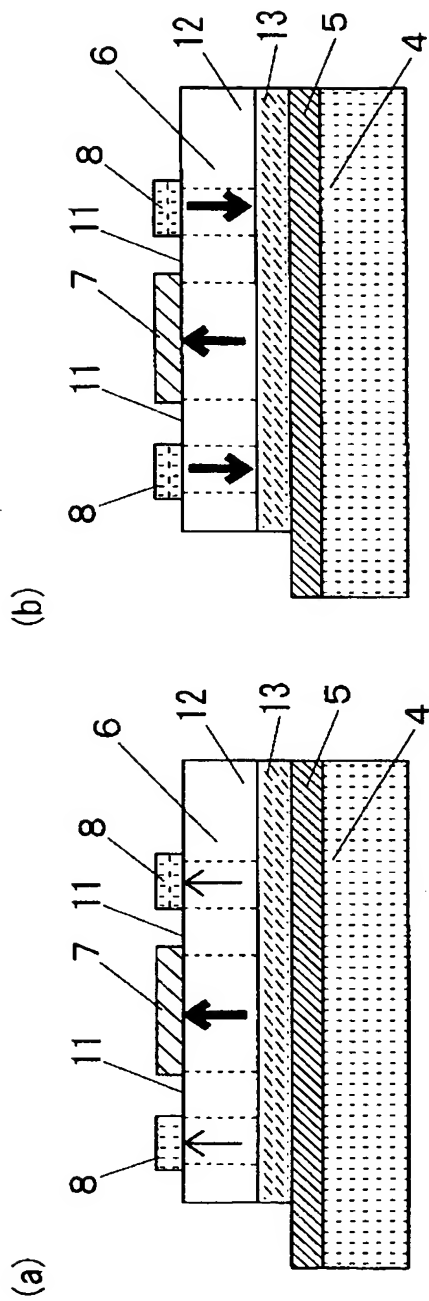
【図 1】



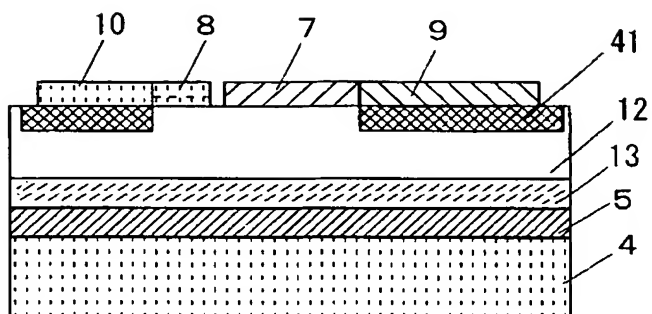
【図 2】



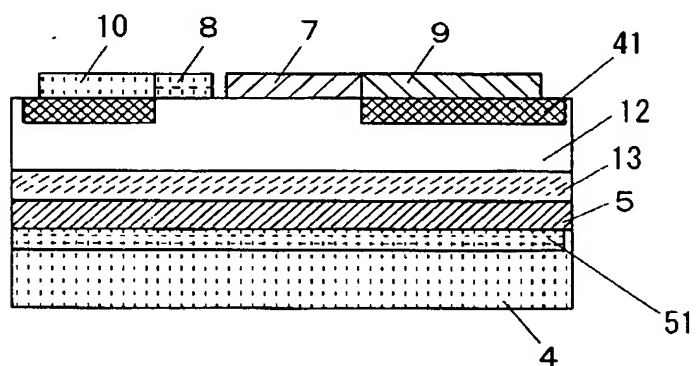
【図 3】



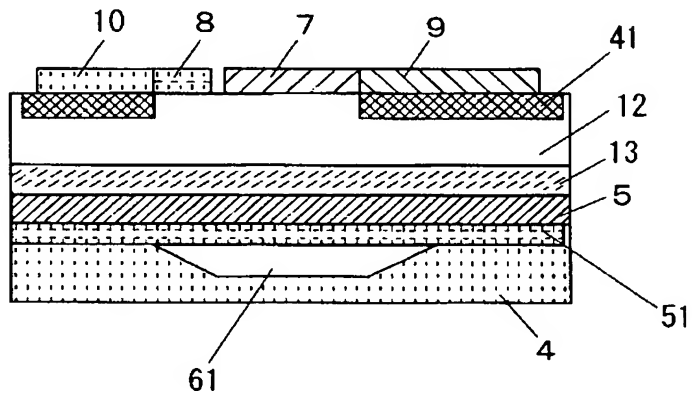
【図 4】



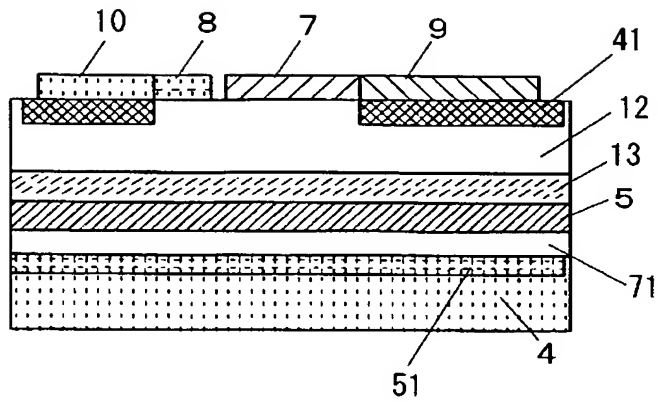
【図 5】



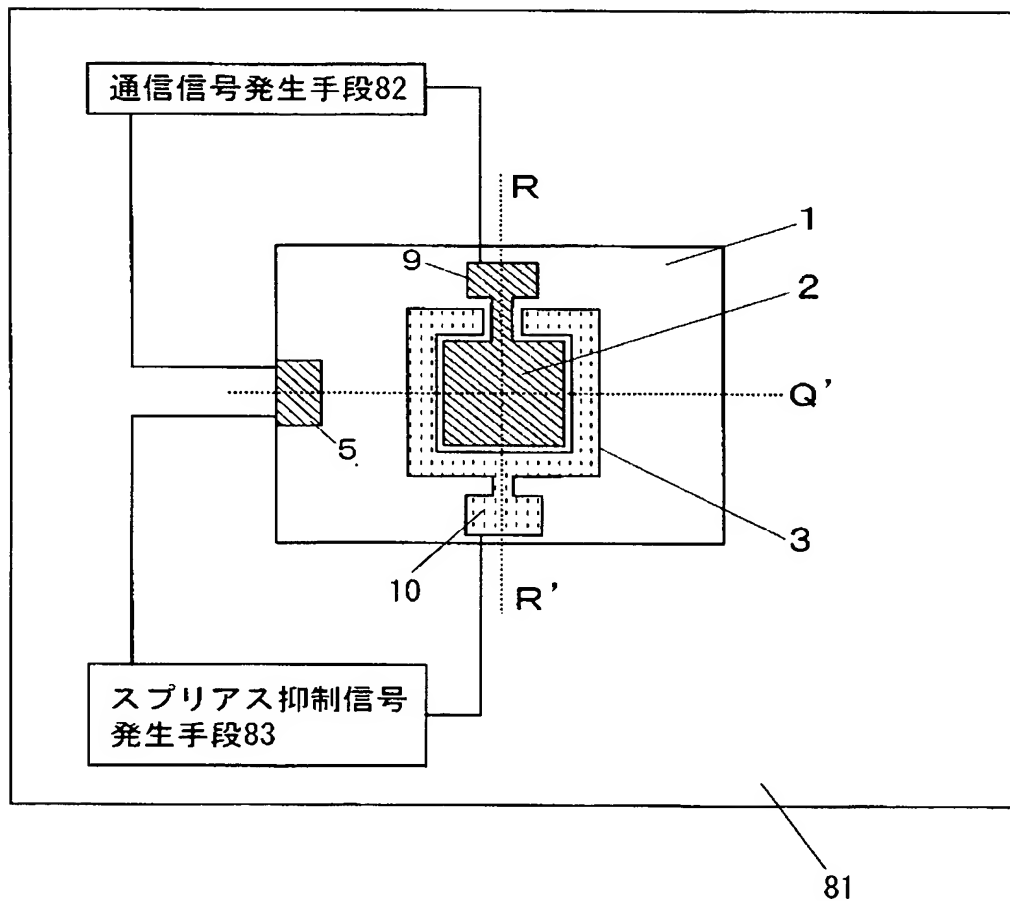
【図 6】



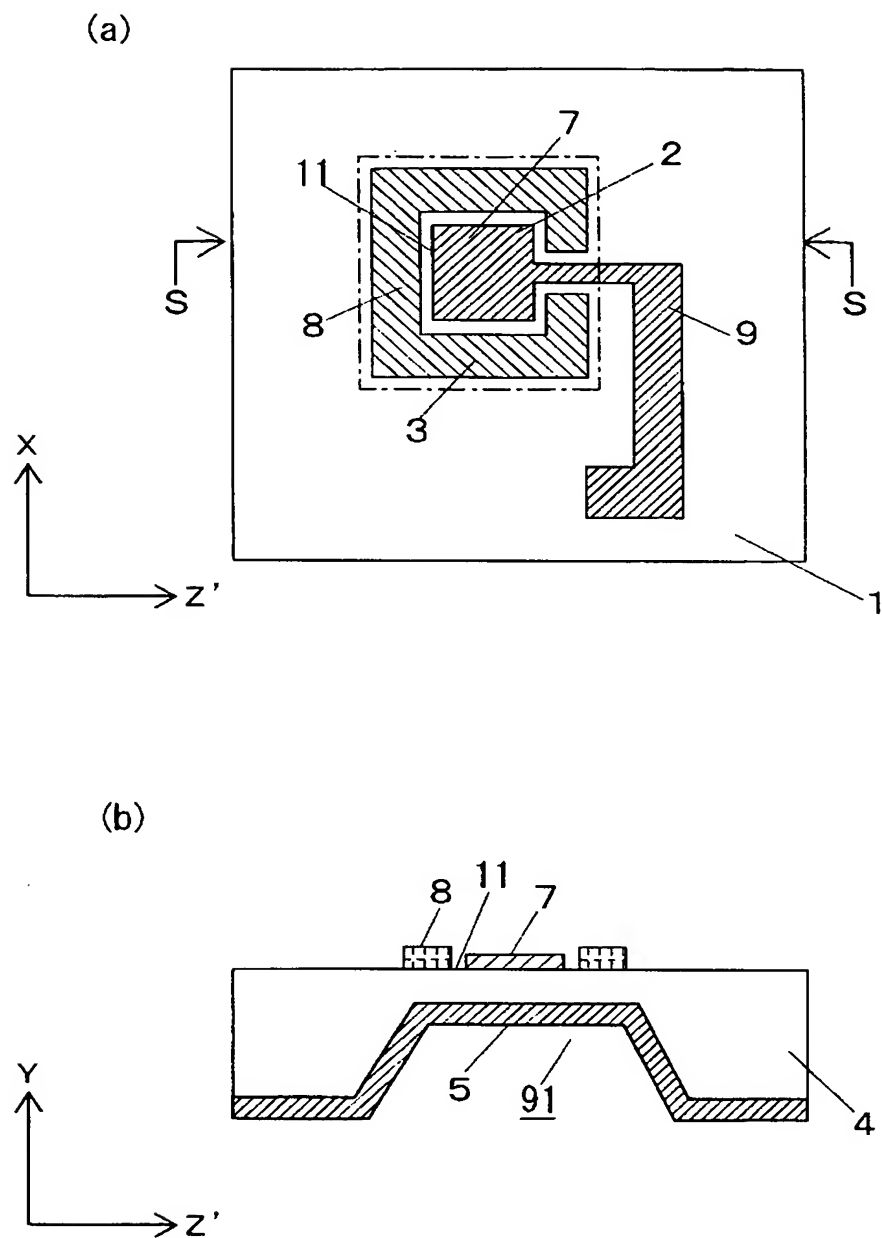
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 反射特性に優れ、安定した実効帯域幅を有し、量産時の特性ばらつきが小さく、低廉な製造コストの薄膜音響共振子、及び、薄膜音響共振子回路を提供する。

【解決手段】 共通電極と、該共通電極上に形成される圧電層と、該圧電層上に形成される、共振子用の第1電極と、該第1電極の周縁を間隙をあけて囲むスプリアス抑制素子用の第2電極と、前記第1電極に電力を供給する第1配線と、前記第2電極に電力を供給する第2配線と、からなる積層体が基板上に配置した薄膜音響共振子であって、前記圧電層が強誘電体膜を含み、前記共振子部分と前記スプリアス抑制素子部分とで強誘電体膜の分極状態を互いに異にしたことを特徴とする薄膜音響共振子である。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 9 7 9 0 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 8 日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地
氏 名	松下電器産業株式会社